

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-102089

(43)Date of publication of application : 23.04.1993

(51)Int.Cl.

H01L 21/302

G01N 21/73

(21)Application number : 03-262404

(71)Applicant : TOKYO ELECTRON LTD

(22)Date of filing : 09.10.1991

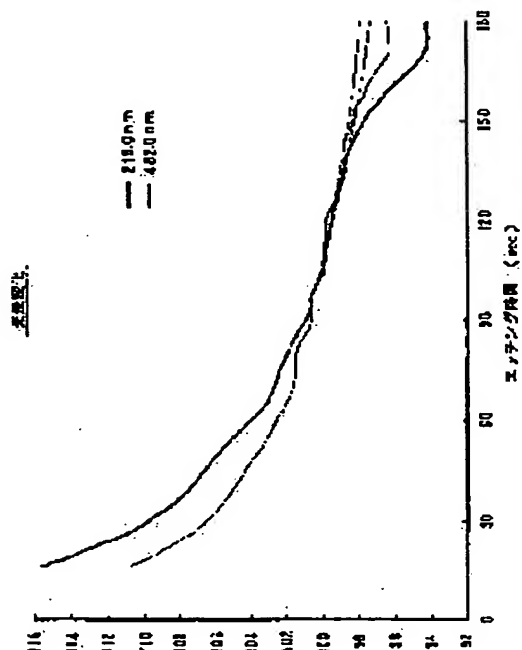
(72)Inventor : KOSHIMIZU CHISHIO

(54) DRY ETCHING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a dry etching method to detect the etching end point accurately by monitoring emission spectrum changes.

CONSTITUTION: While the emission spectrum is monitored during etching, the desired spectrum intensity out of the range of 210nm-236nm in wavelength, especially any one of 219.0nm, 230.0nm, 211.2nm, 232.5nm and 224-229nm, is measured to determine the dry etching end point. Therefore, even if the system contains a large volume of additive gases such as argon gas, etc., or the object to be etched has a small etching area (low numerical aperture) per area, the changes of formation gas can be detected accurately.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.05.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2944802

[Date of registration]

25.06.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The dry etching approach characterized by determining the terminal point of dry etching by measuring the request spectral intensity which faced carrying out dry etching of the processed object with etching gas, and was chosen from the request wavelength within the limits of 210nm - 236nm.

[Claim 2] The dry etching approach according to claim 1 characterized by for said etching gas being CF system gas, and said wavelength being either 219.0nm, 230.0nm, 211.2nm, 232.5nm and 224-229nm.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the dry etching approaches, such as a semi-conductor substrate.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the semi-conductor production process, dry etching serves as an indispensable technique, in order to form a detailed pattern. This etching is the approach of generating the plasma using reactant gas in a vacuum, and removing the object using the ion in the plasma, the neutral radical, the atom, the molecule, etc.

[0003] By the way, if etching is continued after an etching object is removed completely, since furring will be shaved superfluously or an etching configuration will change, in order to prevent this, it is a very important matter to detect the terminal point of etching correctly. For this reason, the luminescence reinforcement of the product by etching was supervised as a typical method of detecting the terminal point of etching conventionally, and the terminal point was judged based on change of this luminescence reinforcement. For example, when etching a silicon dioxide with the etching gas of CF system, the luminescence reinforcement of the carbon monoxide which is a resultant is supervised, and the method of judging a terminal point based on this luminescence change on the strength is proposed (JP,63-81929,A, JP,1-230236,A, etc.). That is, since it will no longer be generated if an etching object is lost, although a resultant exists in a reaction container during etching, the luminescence reinforcement of a resultant decreases rapidly. Therefore, if the optical strength reduction of the specific wavelength originating in a resultant is caught, the terminal point of etching is detectable.

[0004] By the way, adding addition gas other than etching gas so much compared with etching gas, in order to attain stabilization of the plasma in etching, or in order to enlarge selectivity over the substrate film or a resist is performed. For example, although an argon may be added in CF system gas in order to attain stabilization of the plasma, the emission spectrum of this argon gas itself has spread in band-like, and the spectrum of the carbon monoxide which is a resultant should lap into this spectrum, and it should be buried — there is *****.

[0005] Luminescence reinforcement is conventionally supervised within the limits of about 300–900nm from the request of the sensibility of detection equipments, such as a spectrophotometer, etc., and especially the peak of the spectrum of a carbon monoxide is accepted — 482.0nm is used suitably. However, since the range of such wavelength is approximated very much with 350–860nm which is the strong luminescence wavelength range of an argon, the emission spectrum of a carbon monoxide should be buried into the emission spectrum of the plasma itself as mentioned above — the luminescence reinforcement of a carbon monoxide which will not ** is correctly undetectable.

[0006] And when it is in the inclination for an etching object domain to become very small by promotion of the inclination of detailed-izing in recent years, for example, a numerical aperture becomes still smaller 10% or less, the ratio, i.e., the numerical aperture, of area of an etching object domain to the whole surface product of a wafer, it is 2 or about 3%. For this reason, it was difficult for the capacity of the generated carbon monoxide to be unable to turn into a minute amount (1/100 or less [for example,]) compared with the argon capacity to introduce, and to be unable to detect luminescence reinforcement of a carbon monoxide correctly, but to specify the terminal point of etching.

[0007] For this reason, the approach (JP,63-91929,A) of supervising the difference or ratio with luminescence reinforcement of addition gas with the luminescence reinforcement of a product etc. is proposed. However, generally, the reinforcement of the emission spectrum from the plasma system of reaction was difficult to search for an etching terminal point correctly, even if it is swinging continuously by slight fluctuation of a power outlet, the effect of a mass appropriation controller, fluctuation of the processing pressure force, the rise of the substrate temperature resulting from the plasma, etc. and this fluctuation was supervising change of luminescence reinforcement, such as generation gas, and change of a difference with the luminescence reinforcement of addition gas as mentioned above owing to.

[0008] This invention was made in order to solve such a conventional trouble, and it is faced carrying out dry etching of the semi-conductor substrate etc., and it aims at offering the dry etching approach that an etching terminal point is correctly detectable.

[0009]

[Means for Solving the Problem] By measuring the request spectral intensity chosen from the request wavelength within the limits of 210nm - 236nm, the dry etching approach of this invention of attaining such a purpose controls the dry etching of a silicon dioxide or a silicon compound, suitably, measures the spectral intensity of the wavelength of either 219.0nm, 230.0nm, 211.2nm, 232.5nm and 224-229nm, and controls dry etching.

[0010]

[Function] By supervising the luminescence reinforcement of the generation gas in the specific range of the ultraviolet region from which it separated from the strong luminescence wavelength range of addition gas, active jamming by the emission spectrum of addition gas can be lessened, change of exact luminescence reinforcement can be measured, and, thereby, the terminal point of etching can be detected correctly.

[0011]

[Example] Hereafter, the dry etching approach of this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 1 is drawing showing the etching system 1 to which the dry etching approach of this invention is applied, and consists of the electrodes 4 and 5 of a pair which countered the vacuum chamber 3 and the vacuum chamber 3 for mainly introducing etchant, generating the plasma and etching the processed object 2, for example, a semi-conductor substrate, and were installed, and the control section 6 for supervising the emission spectrum in the vacuum chamber 3. Etching shall etch alternatively the silicon dioxide film formed on the processed object 2, for example, a silicon wafer.

[0012] The vacuum chamber 3 is connected with the cassette chamber which contains the processed object 2 through the load lock chamber which is not illustrated if needed and which is not illustrated through the gate valve 7, can open a gate valve 7 and can convey the processed object 2 according to a conveyance device. Moreover, the exhaust pipe 10 for exhausting the gas installation tubing 9 and surplus gas which introduce inert gas, such as CF system gas of etchant 3, for example, CHF₃, and CF₄ grade and an argon, and helium, reaction generation gas, etc. is connected, and the vacuum chamber 3 can maintain the inside of the vacuum chamber 3 at predetermined degree of vacuum, for example, 200mTorr extent.

[0013] The parallel plate electrode is constituted, on the other hand, the up electrode 4 is grounded, for example, the lower electrode 5 of another side is connected to RF generator 12 through the capacitor 11, and electrodes 4 and 5 impress high-frequency voltage between two electrodes. Moreover, since the processed object 2 is laid by the lower electrode 5 and this processed object 2 is certainly fixed, KURAMBA etc. is prepared.

[0014] Furthermore, in order to make luminescence of the plasma generated between an electrode 4 and 5 penetrate outside, the aperture 13 which consists of ultraviolet radiation permeability ingredients, such as a quartz, is formed in the side face of the vacuum chamber 3. This aperture 13 is approached and the lens 14 for condensing the light which penetrated the aperture 13 is installed. This lens 14 also consists of ultraviolet radiation permeability ingredients, such as a quartz. Thus, by using ultraviolet radiation permeability ingredients, such as a quartz, as an ingredient of an aperture 13 and a lens 14, the light of a spectral range 250nm or less can also be condensed. The light condensed with the lens 14 is sent to a control section 6 through the optical fiber 15 which consists of a quartz.

[0015] A control section 6 supervises change of the electrical potential difference corresponding to the spectroscopy 61 which carries out the spectrum of the light to the spectrum of the predetermined range, the optical/electrical converter 62 which changes into the electrical and electric equipment the light of the

specific wavelength obtained with the spectroscope 61, amplifier 63, and the light of the above-mentioned specific wavelength, and consists of the judgment section 64. The thing to light 300nm or less which has good sensibility is used for a spectroscope 61. It is desirable to use either the specific wavelength chosen from the request wavelength within the limits of 210nm – 236nm, 219.0nm, 230.0nm, 211.2nm, 232.5nm and 224–229nm as wavelength to supervise. The judgment section 64 consists of an A/D converter, CPU, etc., supervises luminescence reinforcement, catches the change, performs a suitable operation if needed, and detects the terminal point of etching.

[0016] Next, the dry etching approach concerning this invention in the etching system 1 constituted as mentioned above is explained. First, according to the conveyance device which is not illustrated, the semiconductor substrate which is the processed object 2 is conveyed from a load lock chamber 8, and is laid in the lower electrode 5. On the silicon dioxide film of this semiconductor substrate, the mask of a predetermined pattern configuration is formed through the exposure process.

[0017] Subsequently, after closing a bulb 7 and carrying out vacuum suction of the inside of the vacuum chamber 3 to a predetermined degree of vacuum through an exhaust pipe 10, While introducing inert gas, such as CF system gas, for example, CF₃ gas, and CF₄ system gas, and argon gas, by the predetermined flow rate as etching gas from the gas installation tubing 9 and maintaining to predetermined gas pressure, between two electrodes 4 and 5 Predetermined frequency, for example, 13.56MHz, Impressing a predetermined power value, for example, the high-frequency power of several 100 w, the plasma is generated and the silicon dioxide film part of processed object 2 front face is etched.

[0018] CF system gas introduced in the vacuum chamber 3 is dissociated in the plasma, and generates the active species of varieties, and this participates in an etching reaction. For example, if CF₂ gas is taken for an example as active species, the reaction by this CF₂ radical will advance as follows, and products, such as a 2CF₂+SiO₂ → SiF₄+2CO carbon monoxide, CO⁺ ion, a hydrogen radical, and a fluorine radical, will generate it.

[0019] Although the carbon monoxide which is these generation gas, CO⁺ ion and the argon gas which is plasma stabilization gas, and CF gas which is etching gas emit light with a characteristic spectrum, respectively, this luminescence is sent to a control section 6 through an optical fiber 15 through the aperture 13 and lens 14 of the vacuum chamber 3, and is detected here. A spectroscope 61 carries out the spectrum of the sent light, and sends out the light of specific wavelength to an optical/electrical converter 62. Although each emission spectrum of the gas of the above-mentioned plurality [emission spectrum / which is obtained with a spectroscope 61] is compounded, the emission spectrum of a carbon monoxide or CO⁺ ion will lap with the spectrum of the argon gas which exists most nearly completely in 350–860nm. However, especially in 210nm – 236nm, luminescence originating in a carbon monoxide or CO⁺ ion is accepted in the place of the wavelength of 219.0nm, 230.0nm, 211.2nm, 232.5nm, and 224–229nm. Therefore, fluctuation of the generation gas in an etching terminal point is detectable by pursuing luminescence in ones of such wavelength.

[0020] That is, the delivery optical/electrical converter 62 changes into an optical/electrical converter 62 the light of specific wavelength as which the spectroscope 61 was chosen from the request wavelength within the limits of 210nm – 236nm among the light by which the spectrum was carried out at the electrical and electric equipment of the strength corresponding to the optical reinforcement. By the way, while etching is performed, generating CO or CO⁺ but is continued drawing a specific reduction curve and carrying out [are maintained at a constant rate, or] sequential reduction, and if it becomes the terminal point of etching, it will usually decrease rapidly. Change of such generation gas is sent out to the judgment section 64 as magnitude of the electrical signal which comes out of an optical/electrical converter 62, and the judgment section 64 performs a predetermined operation based on this electrical signal, and detects the abrupt change of generation gas. This is judged, when it asks for the approximation curve of the change curve of for example, generation gas as an operation which the judgment section 64 performs and there is change beyond a predetermined threshold from this approximation curve. Or change judges the time of becoming beyond a predetermined threshold, and makes this an etching terminal point.

[0021] Based on the judgment of this judgment section 64, etching is ended manually automatically. Moreover, with a processed object, when over etching is required, etching is ended after predetermined over etching time amount from the time of the judgment section 64 judging a terminal point. As example 1 etching gas, CHF₃ was introduced into 20SCCM(s), 20SCCM(s) and argon gas were introduced for CF₄ in the vacuum chamber by 400SCCM(s), and plasma etching was performed at

250mTorr(mt) RF13.56MHz, 600W, and the wafer temperature of -25 degrees C. A processed object is the wafer (it is called 100% of numerical apertures, and a following solid wafer) in which the 10000A silicon oxide film was formed on silicon. Same processing was performed using BEAWEHA (what does not form the oxide film) of silicon as an example of a comparison. The emission spectrum of a solid wafer and BEAWEHA is shown in drawing 2 . A thick line shows the emission spectrum of BEAWEHA of silicon among drawing, and a thin continuous line shows the emission spectrum of the solid wafer of 100% of numerical apertures. At BEAWEHA, by etching by the above-mentioned conditions, since it does not react, CO or CO+ is not generated but the spectrum with which etching gas and an argon (Ar) lapped is seen. Moreover, with the wafer in which the oxidation silicone film was formed, change of the spectrum resulting from CO or CO+ was accepted, and it turned out that this change is remarkable in 210nm - 236nm. Especially, by 211.2nm, 219.0nm, 230.0nm, and 232.5nm, by BEAWEHA, the peak which is not seen was accepted and the increment in luminescence reinforcement was accepted over the range at 224-229nm. Therefore, by supervising the field where this peak or luminescence reinforcement changes shows that change of generation gas is correctly detectable.

[0022] The emission spectrum near [conventional] terminal point detection wavelength (482nm) is shown in drawing 5 . This drawing is measured on the same conditions as drawing 2 . In the case of a solid wafer, the increment in the amount of luminescence by luminescence of CO of a resultant can be checked from drawing 5 to near 400nm - 600nm. Near [further conventional] 482nm is the valley of luminescence of Ar of addition gas, and the luminescence peak of an argon on either side is the comparatively weaker one in 400nm - 500nm with strong luminescence of CO, and spacing of Ar is the largest wavelength, and it turns out in a wavelength range 400nm or more that it is the optimal as terminal point detection wavelength. However, the luminescence reinforcement of CO in a solid wafer is about 1/10 of the luminescence reinforcement of nearby Ar, and there are only about 1.5nm wavelength differences with Ar further.

[0023] On the other hand, drawing 2 shows that the luminescence reinforcement of nearby CF1 (223.8nm) and the luminescence reinforcement of 219nm which is luminescence of the resultant from a solid wafer are almost equal near 219nm. Furthermore, a wavelength difference can fully carry out the spectrum of the luminescence of CO also for those with 4.8nm, and the cheap spectroscopy of low resolution. Moreover, the part quantity of light which can lower resolution conversely is increased, and there is a merit which can also be strengthened to a noise. The comparison of these emission spectrums shows that the new detection wavelength of 219nm is excellent as terminal point detection wavelength. The quantity of light change under actual etching is shown in an example 2.

Silicon oxide of 10% of numerical apertures is etched on the same conditions as example 2 example 1, and the result of having supervised the change (thick line) of luminescence reinforcement in 219.0nm accompanying etching progress and two rate of change (thin continuous line) of the luminescence reinforcement in 482.0nm at this time of day using the spectroscopy is shown in drawing 3 . Luminescence reinforcement decreased gradually from etching initiation, it decreased quickly from the time of about 150 seconds passing, and the curve became a flat after about 170 seconds so that clearly also from drawing 3 . That is, it turns out that etching was completed at this time. The value (rate of change) which converted the luminescence reinforcement at the time of 100 seconds for the difference of the luminescence reinforcement when extending the approximation curve of a reduction curve till 170 seconds and actual luminescence reinforcement as 100 was 3.4%. On the other hand, the rate of change (thin continuous line) of the luminescence reinforcement in 482.0nm which is the conventional measurement wavelength is 1.8%, and the approach of this invention has large rate of change, and it turns out that it excels.

[0024] The same conditions show the quantity of light change under etching with a solid wafer (100% of numerical apertures) to drawing 6 . The solid wafer of rate of change is also large about twice by the approach of this invention, and drawing 6 shows excelling.

It etched by having changed the degree of vacuum into 1.7Torr(s) (t) on the same conditions as example 3 example 1, and asked for the rate of change in the case of 10% of numerical apertures. The rate of change in each wavelength in this case was shown in drawing 4 . The rate of change in 250 in all mTorr(s) (mt) was also shown. In addition, a thick line shows the spectrum of BEAWEHA in 250mTorr(s) (mt) among drawing, a dotted line shows the spectrum of the solid wafer in 250mTorr(s) similarly, and a thin continuous line shows the spectrum of BEAWEHA in 1.7Torr(s) (t). Moreover, the spectrum (500mTorr) at the time of introducing only argon gas as reference was shown. In the place with a wavelength of 219.0nm, 5% or more of rate of change was shown, and about 2% of rate of change was shown even in the place of 211.2nm, 230.0nm, and

232.5nm so that clearly also from drawing 4 .

[0025] It is clear from the above example the range of wavelength 210-236, and by supervising the luminescence reinforcement of 219.0nm, 230.0nm, 211.2nm, 232.5nm, and 224-229nm suitably that the terminal point of etching gas is correctly detectable. In addition, although only change of generation gas (C⁰ or CO⁺) may be supervised for detection of the terminal point of etching gas, it cannot be overemphasized that you may combine with the terminal point detection approaches, such as taking the ratio of change of generation gas and change of etching gas.

[0026] Moreover, although the above example explained the example which used the argon as CF system gas and addition gas as etching gas, the dry etching approach of this invention is applicable also to the dry etching approach using the etchant which has a luminescence peak in the dry etching approach or ultraviolet region which produces the generation gas which has a luminescence peak in an ultraviolet region.

[0027] Furthermore, this invention may not be limited when etching the silicon dioxide film, when etching the polish recon film, the aluminium alloy film, etc., it may be applied, and they may be oxide films, the quality of the materials, for example, the polish recon, other than single crystal silicon, etc. as the quality of the material which is the substrate of the etched film. In addition, this invention is applicable to any etching system of the cathode coupling form where the processed object was put on the cathode side, and the anode coupling form where the processed object was put on the anode plate side, separately, generates the reactant gas plasma by the source of a thermoelectron etc. at a discharge room, and can be applied also to the etching approach of leading this to an etching field.

[0028]

[Effect of the Invention] Since the luminescence reinforcement in the specific wavelength of 210nm - 236nm of an ultraviolet region was supervised on the occasion of etching according to the dry etching approach of this invention so that clearly also from the above explanation Even when there is little generation capacity which a numerical aperture should detect small, and even when a lot of inert gas is contained in etching gas and the concentration of generation capacity is low as a result, change of generation capacity can be pursued correctly and the terminal point of etching can be detected correctly. Furring can be shaved superfluously by this or superfluous etching of an etching configuration changing can be prevented.

[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-102089

(43)公開日 平成5年(1993)4月23日

| (51)IntCl. ⁵ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|-------------------------|------|---------|-----|--------|
| H 0 1 L 21/302 | E | 7353-4M | | |
| G 0 1 N 21/73 | | 9115-2J | | |

審査請求 未請求 請求項の数2(全10頁)

(21)出願番号 特願平3-262404

(22)出願日 平成3年(1991)10月9日

(71)出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目3番1号

(72)発明者 奥水 地塩

東京都新宿区西新宿2丁目3番1号 東京

エレクトロン株式会社内

(74)代理人 弁理士 守谷 一雄

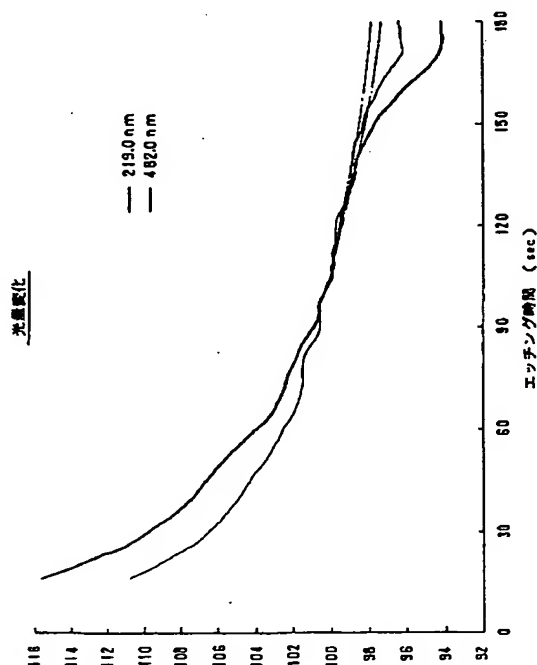
(54)【発明の名称】 ドライエッチング方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】発光スペクトルの変化を監視することにより、正確にエッチング終点を検出することができるドライエッチング方法を提供する。

【構成】エッチング時の発光スペクトルを監視し、210nm～236nmの範囲、特に219.0nm、230.0nm、211.2nm、232.5nm及び224～229nmのいずれかの所望波長から選ばれた所望スペクトル強度を測定することによりドライエッチングの終点を決定する。

【効果】アルゴンガス等の多量の添加ガスを含む系であっても、また面積当りの被エッチング領域の狭い(開口率の低い)エッチング対象であっても、正確に生成ガスの変化を検出することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】被処理体をエッチングガスによりドライエッチングするに際し、210nm～236nmの範囲内の所望波長から選ばれた所望スペクトル強度を測定することによりドライエッチングの終点を決定することを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項2】前記エッチングガスがCF系ガスであり、前記波長が、219.0nm、230.0nm、211.2nm、232.5nm及び224～229nmのいずれかであることを特徴とする請求項1記載のドライエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は半導体基板等のドライエッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】半導体製造工程において、ドライエッチングは微細なパターンを形成するために欠くことのできない技術となっている。このエッチングは、真空中で反応ガスを用いてプラズマを生成し、プラズマ中のイオン、中性ラジカル、原子、分子などを用いて対象物を除去していく方法である。

【0003】ところで、エッチング対象物が完全に取り去られた後においてもエッチングが継続されると、下地材料が不必要に削られていたり、或いはエッチング形状が変わってしまうため、これを防止するためにエッチングの終点を正確に検出することは非常に重要な事項である。このため従来エッチングの終点を検出する代表的な方法としては、エッチングによる生成物の発光強度を監視し、この発光強度の変化を基に終点を判断していた。例えば二酸化珪素をCF系のエッチングガスによりエッチングする場合には、反応生成物である一酸化炭素の発光強度を監視し、この発光強度変化を基に終点を判断する方法が提案されている（特開昭63-81929号、特開平1-230236号等）。即ち、反応生成物はエッチング中には反応容器内に存在するがエッチング対象物がなくなると生成されなくなるので、反応生成物の発光強度は急激に減少する。従って、反応生成物に由来する特定波長の光強度の減少を捉えればエッチングの終点を検出することができる。

【0004】ところで、エッチングを行なうに当たって、プラズマの安定化を図るために、或いは下地膜やレジストに対する選択性を大きくするために、エッチングガス以外の添加ガスを、エッチングガスに比べて多量に加えることが行なわれている。例えばプラズマの安定化を図るためにCF系ガスにアルゴンを添加することがあるが、このアルゴン自体の発光スペクトルは帯状に広がっており、このスペクトル中に反応生成物である一酸化炭素のスペクトルが重なって埋れてしまうことがあ

る。

【0005】従来分光光度計等の検出装置の感度等の要請から発光強度は約300～900nmの範囲内で監視されており、特に一酸化炭素のスペクトルのピークが認められる482.0nmが好適に用いられている。しかし、このような波長の範囲はアルゴンの強い発光波長範囲である350～860nmと非常に近似しているため、上述のように一酸化炭素の発光スペクトルは、プラズマ自体の発光スペクトル中に埋れてしまい、一酸化炭素の発光強度を正確に検出することができない。

【0006】しかも、近年の微細化の傾向の推進によってエッチング対象領域が非常に小さくなる傾向にあり、例えばウェハの全面積に対するエッチング対象領域の面積の比率即ち開口率が10%以下、さらに開口率が小さくなる場合には2、3%程度になっている。このため、発生する一酸化炭素のガス量は導入するアルゴンガス量に比べて微量、例えば100分の1以下となり、一酸化炭素の発光強度を正確に検出することができずエッチングの終点を特定することが困難であった。

【0007】このため、生成物の発光強度とともに添加ガスの発光強度との差又は比を監視する方法（特開昭63-91929号）なども提案されている。しかし、一般にプラズマ反応系からの発光スペクトルの強度は、電源出力のわずかな変動、質量流用コントローラの影響、処理圧力の変動、プラズマに起因する基板温度の上昇等により絶えずゆらいており、このゆらきが原因で上述のように生成ガス等の発光強度の変化や添加ガスの発光強度との差の変化を監視していても正確にエッチング終点を求めることが困難であった。

【0008】本発明はこのような従来の問題点を解決するためになされたもので、半導体基板等をドライエッチングするに際し、正確にエッチング終点を検出することができるドライエッチング方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成する本発明のドライエッチング方法は、210nm～236nmの範囲内の所望波長から選ばれた所望スペクトル強度を測定することにより、二酸化珪素またはシリコン化合物のドライエッチングを制御するものであり、好適には、219.0nm、230.0nm、211.2nm、232.5nm及び224～229nmのいずれかの波長のスペクトル強度を測定してドライエッチングを制御するものである。

【0010】

【作用】添加ガスの強い発光波長範囲から外れた紫外領域の特定の範囲における生成ガスの発光強度を監視することにより、添加ガスの発光スペクトルによる妨害を少なくし、正確な発光強度の変化を測定することができ、これによりエッチングの終点を正確に検出することがで

きる。

【0011】

【実施例】以下、本発明のドライエッチング方法について図面を参照して説明する。図1は本発明のドライエッチング方法が適用されるエッチング装置1を示す図で、主としてエッチャントを導入してプラズマを発生させ被処理体2例えば半導体基板をエッチングするための真空チャンバ3と、真空チャンバ3に対向して設置された一対の電極4、5と、真空チャンバ3内の発光スペクトルを監視するための制御部6とから成る。エッチングは、被処理体2例えばシリコンウェハ上に形成された二酸化珪素膜を選択的にエッチングするものとする。

【0012】真空チャンバ3は、ゲートバルブ7を介して、また必要に応じて図示しないロードロック室を介して被処理体2を収納する図示しないカセットチャンバに連結されており、ゲートバルブ7を開いて搬送機構により被処理体2を搬送することができる。また真空チャンバ3は、エッチャント例えば CHF_3 、 CF_4 等の CF 系ガス及びアルゴン、ヘリウム等の不活性ガスを導入するガス導入管9及び余剰ガスや反応生成ガス等を排気するための排気管10が接続され、所定の真空度、例えば200mTorr程度に真空チャンバ3内を保つことができる。

【0013】電極4、5は、平行平板電極を構成しており、一方例えば上部電極4が接地され、他方の下部電極5がコンデンサ11を介して高周波電源12に接続されており、両電極間に高周波電圧を印加する。また下部電極5には被処理体2を載置され、この被処理体2を確実に固定するために、例えばクランプ等が設けられている。

【0014】更に真空チャンバ3の側面には、電極4、5間に発生したプラズマの発光を外部に透過させるために石英等の紫外光透過性材料から成る窓13が形成されている。この窓13に近接して、窓13を透過した光を集光するためのレンズ14が設置される。このレンズ14も石英等の紫外光透過性材料から成る。このように窓13及びレンズ14の材料として石英等の紫外光透過性材料を用いることにより、250nm以下のスペクトル範囲の光も集光することができる。レンズ14で集光された光は石英から成る光ファイバ15を通して制御部6に送付される。

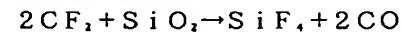
【0015】制御部6は光を所定範囲のスペクトルに分光する分光器61と、分光器61によって得られた特定波長の光を電気に変換する光電変換器62と、増幅器63と、上記特定波長の光に対応する電圧の変化を監視し判定部64とから成る。分光器61は、300nm以下の光に対する感度の良好なものを用いる。監視する波長としては、210nm～236nmの範囲内の所望波長から選ばれた特定波長、219.0nm、230.0nm、211.2nm、232.5nm及び224～22

9nmのいずれかを用いることが好ましい。判定部64は、例えばA/D変換器やCPUなどから成り、発光強度を監視してその変化を捉え、必要に応じ適当な演算を行ない、エッチングの終点を検出する。

【0016】次に以上のように構成されるエッチング装置1における本発明に係るドライエッチング方法について説明する。まず、被処理体2である半導体基板は図示しない搬送機構によってロードロック室8から搬送され下部電極5に載置される。この半導体基板の二酸化珪素膜上には所定のパターン形状のマスクが露光工程を経て形成されている。

【0017】次いでバルブ7を閉じ排気管10を介して真空チャンバ3内を所定の真空度に真空引きした後、ガス導入管9からエッチングガスとして CF 系ガス、例えば CF_4 、ガス及び CF_3 系ガスとアルゴンガス等の不活性ガスを所定の流量で導入して所定のガス圧に維持するとともに両電極4、5間に所定周波数例えば13.56MHz、所定電力値例えば数100wの高周波電力を印加しながら、プラズマを発生させて被処理体2表面の二酸化珪素膜部分をエッチングする。

【0018】真空チャンバ3内に導入された CF 系ガスは、プラズマ中で解離して多種類の活性種を発生し、これがエッチング反応に関与する。例えば活性種として CF_2 ガスを例にとると、この CF_2 ラジカルによる反応は次のように進行し、



一酸化炭素、 CO^+ イオン、水素ラジカル、フッ素ラジカル等の生成物が発生する。

【0019】これら生成ガスである一酸化炭素や CO^+ イオン、またプラズマ安定化ガスであるアルゴンガス、エッチングガスである CF ガスはそれぞれ特有のスペクトルをもって発光するが、この発光は真空チャンバ3の窓13及びレンズ14を通して光ファイバ15を介して制御部6に送付されここで検出される。分光器61は送付された光を分光し、特定波長の光を光電変換器62に送出する。分光器61で得られる発光スペクトルは上記複数のガスのそれぞれの発光スペクトルの合成されたものであるが、一酸化炭素や CO^+ イオンの発光スペクトルは350～860nmの範囲では最も多量に存在するアルゴンガスのスペクトルとほぼ完全に重なってしまう。しかし210nm～236nmの範囲では、特に波長219.0nm、230.0nm、211.2nm、232.5nm及び224～229nmのところでは一酸化炭素又は CO^+ イオンに由来する発光が認められる。従って、これらのいずれかの波長における発光を追跡することによりエッチング終点における生成ガスの変動を検出することができる。

【0020】即ち分光器61は分光された光のうち210nm～236nmの範囲内の所望波長から選ばれた特定波長の光を光電変換器62に送り光電変換器62はそ

の光強度に対応する強さの電気に変換する。ところで通常CO又はCO^{*}はエッチングが行なわれている間は、一定量に保たれるか或いは特定の減少曲線を描いて順次減少しながら発生しつづけるが、エッチングの終点になると急激に減少する。このような生成ガスの変化は、光電変換器62から出る電気信号の大きさとして判定部64に送出され、判定部64はこの電気信号に基づき所定の演算を行ない、生成ガスの急激な変化を検出する。判定部64の行なう演算としては例えば生成ガスの変化曲線の近似曲線を求め、この近似曲線から所定の閾値以上

の変化があったとき、これを判定する。或いは変化が所定の閾値以上になったときを判定し、これをエッチング終点とする。

【0021】この判定部64の判定に基づき、自動的に或いは手動でエッチングを終了する。また、被処理体によってオーバーエッチングが必要な場合には判定部64が終点を判定したときから、所定のオーバーエッチング時間の後、エッチングを終了する。

実施例1

エッチングガスとしてCHF₃を20SCCM、CF₄を20SCCM及びアルゴンガスを400SCCMで真空チャンバ内に導入し、250mTorr (mt)、RF13.56MHz、600W、ウェハ温度-25℃でプラズマエッチングを行なった。被処理体は、シリコン上に10000オングストロームの酸化シリコン膜を形成したウェハ（開口率100%、以下ベタウェハという）である。比較例として、シリコンのベアウェハ（酸化膜を形成していないもの）を用い同様の処理を行なった。図2にベタウェハ及びベアウェハの発光スペクトルを示す。図中、太実線はシリコンのベアウェハの発光スペクトルを、細実線は開口率100%のベタウェハの発光スペクトルを示す。ベアウェハでは、上記条件によるエッチングでは、反応しないのでCO又はCO^{*}は発生せず、エッチングガス及びアルゴン（Ar）の重なったスペクトルが見られる。また、酸化シリコン膜を形成したウェハでは、CO又はCO^{*}に起因するスペクトルの変化が認められ、この変化は210nm～236nmの範囲で著しいことがわかった。特に211.2nm、219.0nm、230.0nm及び232.5nmではベアウェハでは見られないピークが認められ、224～229nmではその範囲にわたって発光強度の増加が認められた。従って、このピーク或いは発光強度が変化する領域を監視することにより、生成ガスの変化を正確に検出できることがわかる。

【0022】図5に従来の終点検出波長（482nm）付近の発光スペクトルを示す。この図は図2と同一条件で測定したものである。図5よりベタウェハの場合400nm～600nm付近まで反応生成物のCOの発光による発光量の増加が確認できる。さらに従来の482nm付近は添加ガスのArの発光の谷間であり、左右のア

ルゴンの発光ピークはCOの発光の強い400nm～500nmにおいて比較的弱い方であり、またArの間隔が最も広い波長であり、400nm以上の波長帯では終点検出波長として最適であることがわかる。しかしベタウェハでのCOの発光強度は近くのArの発光強度の約10分の1であり、さらにArとの波長差は1.5nm程度しかない。

【0023】一方、図2より219nm付近では、近くのCF₃（223.8nm）の発光強度とベタウェハからの反応生成物の発光である219nmの発光強度はほぼ等しいことが判る。さらに波長差は4.8nmあり、安価な低分解能の分光器でも十分にCOの発光を分光することができる。また、逆に分解能を下げられる分光量を増加し、ノイズに対し強くすることもできるメリットがある。これら発光スペクトルの比較から新しい検出波長219nmが終点検出波長としてより優れていることがわかる。実施例2に実際のエッチング中の光量変化を示す。

実施例2

実施例1と同様の条件で開口率10%の酸化シリコンをエッチングし、エッチング経過に伴う219.0nmにおける発光強度の変化（太実線）及び482.0nmにおける発光強度の変化率（細実線）を分光器を2台用いて同時刻に監視した結果を図3に示す。図3からも明らかなように発光強度はエッチング開始から漸次減少し、約150秒経過した時点から急速に減少し約170秒後には曲線がフラットになった。即ち、この時点でエッチングが終了したことがわかる。減少曲線の近似曲線を170秒まで延長したときの発光強度と実際の発光強度との差を100秒の時の発光強度を100として換算した値（変化率）は、3.4%であった。これに対し、従来の測定波長である482.0nmにおける発光強度の変化率（細実線）は、1.8%であり、本発明の方法が変化率が大きく、優れていることがわかる。

【0024】図6に同一条件でベタウェハ（開口率100%）でのエッチング中の光量変化を示す。図6よりベタウェハでも本発明の方法では変化率が2倍近く大きく、優れていることがわかる。

実施例3

実施例1と同様の条件で真空度を1.7Torr (t) に変えてエッチングを行ない、開口率10%の場合の変化率を求めた。この場合の、各波長における変化率を図4に示した。併せて250mTorr (mt) の場合の変化率も示した。なお図中、太実線は250mTorr (mt) の場合のベアウェハのスペクトルを、点線は同様に250mTorrの場合のベタウェハのスペクトルを示し、細実線は1.7Torr (t) の場合のベアウェハのスペクトルを示す。また参考としてアルゴンガスだけを導入した場合のスペクトル（500mTorr）を示した。図4からも明らかなように、波長219.0nmのところでは5%以上の変

化率を示し、また211.2nm、230.0nm及び232.5nmのところでも約2%の変化率を示した。

【0025】以上の実施例から、波長210～236nmの範囲、好適には219.0nm、230.0nm、211.2nm、232.5nm及び224～229nmの発光強度を監視することにより、エッチングガスの終点を正確に検出できることが明らかである。なお、エッチングガスの終点の検出には、生成ガス(CO又はCO^{*})の変化だけを監視してもよいが、生成ガスの変化とエッチングガスの変化との比を取る等の終点検出方法と組合せてもよいことはいうまでもない。

【0026】また、以上の実施例ではエッチングガスとしてCF系ガスと添加ガスとしてアルゴンをを用いた例について説明したが、本発明のドライエッチング方法は紫外領域に発光ピークを有する生成ガスを生じるドライエッチング方法或いは紫外領域に発光ピークを有するエッチャントを用いたドライエッチング方法にも適用することができる。

【0027】さらに本発明は、二酸化珪素膜をエッチングする場合に限定されるものではなく、ポリシリコン膜や、アルミニウム合金膜などをエッチングする場合に適用してもよく、また被エッチング膜の下地である材質としては、単結晶シリコン以外の材質、例えばポリシリコンや酸化膜などであってもよい。なお本発明は、陰極側に被処理体を置いたカソードカップリング形、陽極側に被処理体を置いたアノードカップリング形のいずれのエッチング装置にも適用できるし、別途熱電子源などによって反応性ガスプラズマを放電室で発生させ、これをエッチング領域に導くといったエッチング方法にも適用できる。

【0028】

*【発明の効果】以上の説明からも明らかなように本発明のドライエッチング方法によれば、エッチングの際に紫外領域の特定波長210nm～236nmにおける発光強度を監視するようにしたので、開口率が小さく検出すべき生成ガス量が少ない場合でも、またエッチングガス中に多量の不活性ガスが含まれていて結果として生成ガス量の濃度が低い場合でも、正確に生成ガス量の変化を追跡することができ、エッチングの終点を正確に検出することができる。これにより下地材料が不必要に削られていたり、或いはエッチング形状が変ってしまう等の過剰エッチングを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のドライエッチング方法が適用されるエッチング装置の一実施例を示す図。

【図2】波長210nm～236nmにおけるドライエッチング時の発光スペクトルを示す図。

【図3】開口率10%のウェハをエッチングした波長219.0nm及び482.0nmにおける発光強度の変化を示す図。

【図4】ドライエッチング時の発光スペクトル及び変化率を示す図。

【図5】従来の終点検出波長482nmにおけるドライエッチング時の発光スペクトルを示す図。

【図6】開口率100%のウェハをエッチングした波長219.0nm及び482.0nmにおける発光強度の変化を示す図。

【符号の説明】

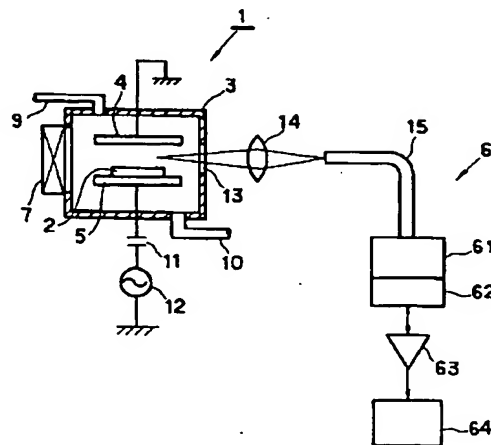
1……エッチング装置

2……被処理体

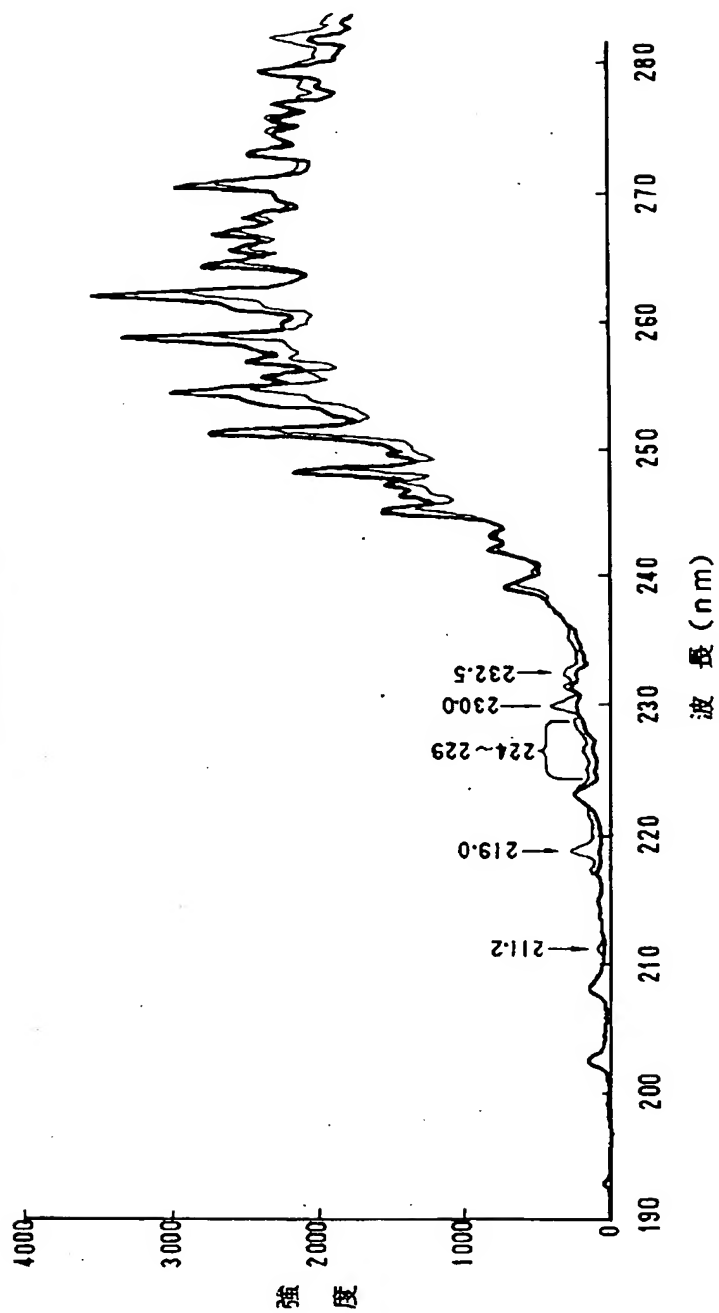
3……真空チャンバ

6……制御装置

【図1】

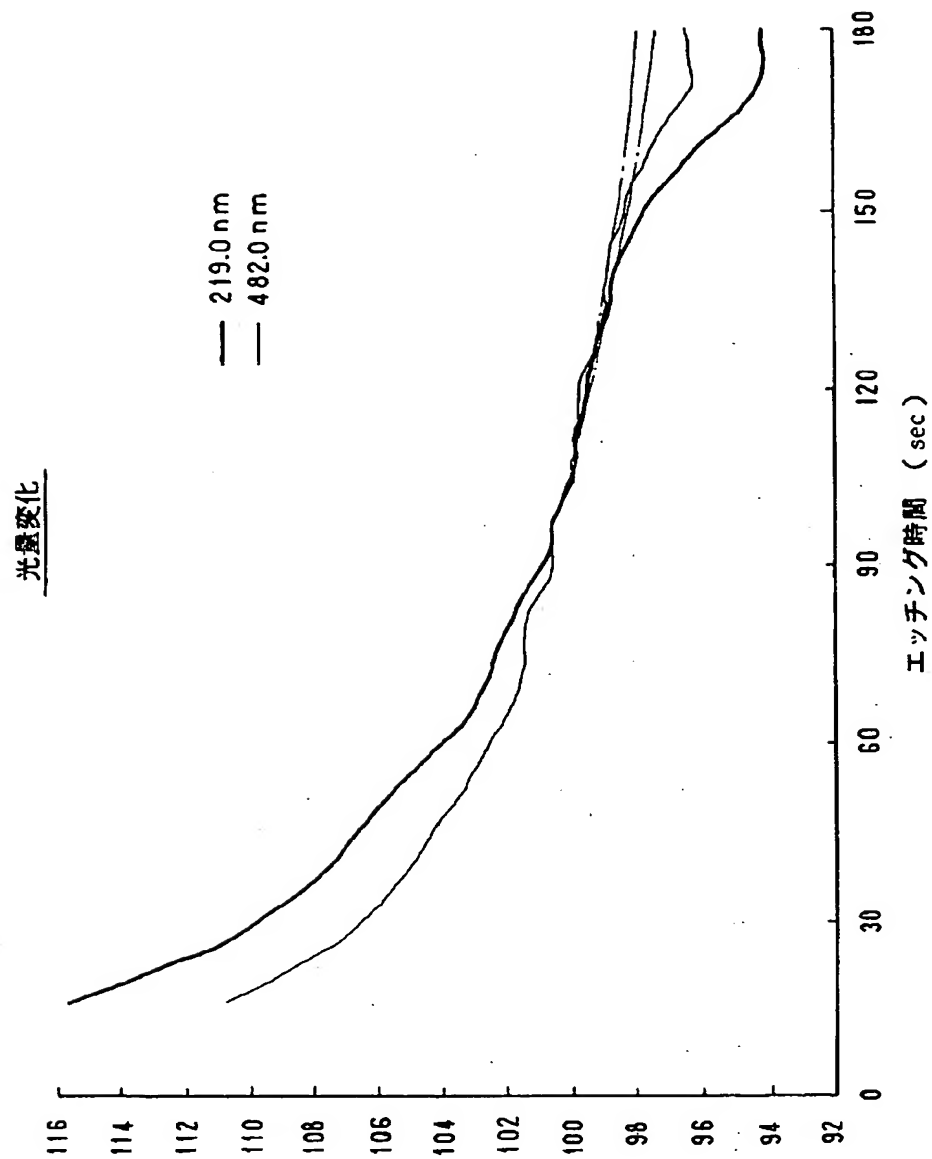


発光スペクトル

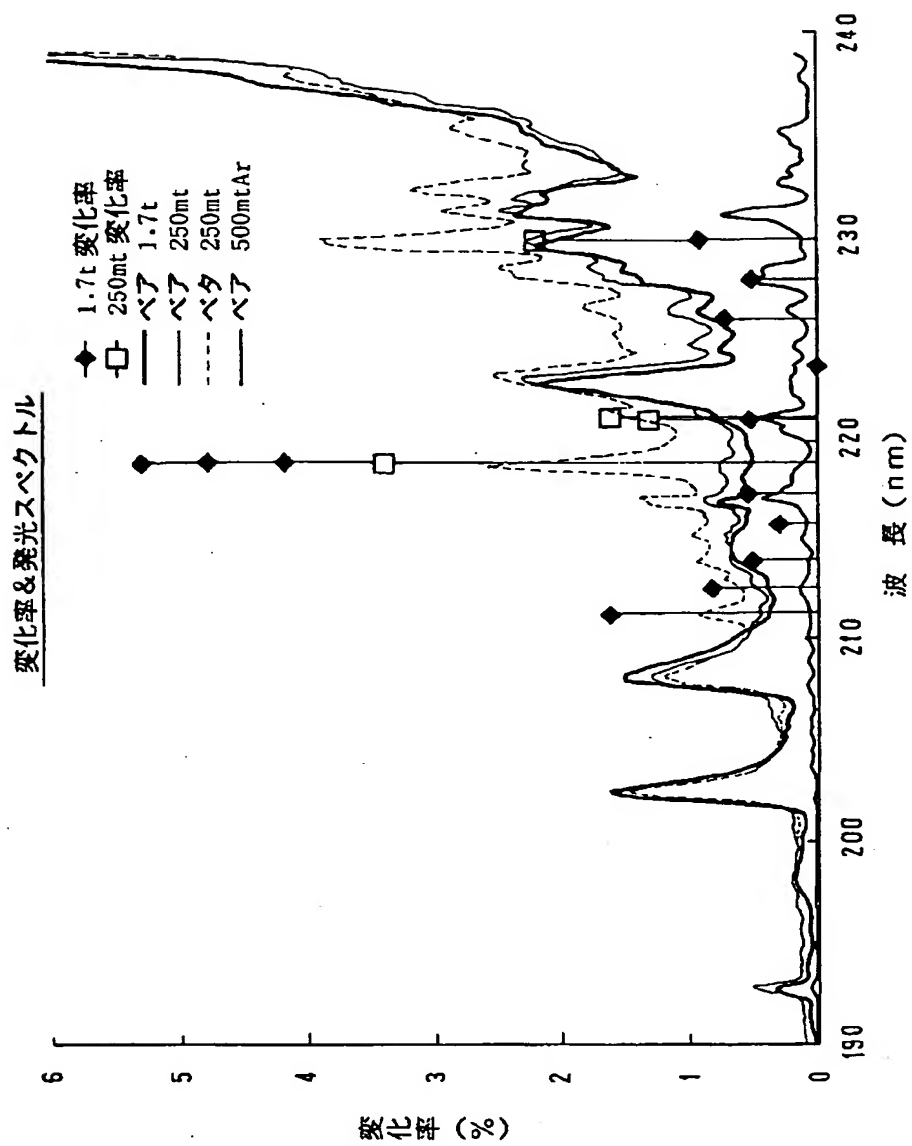


【図2】

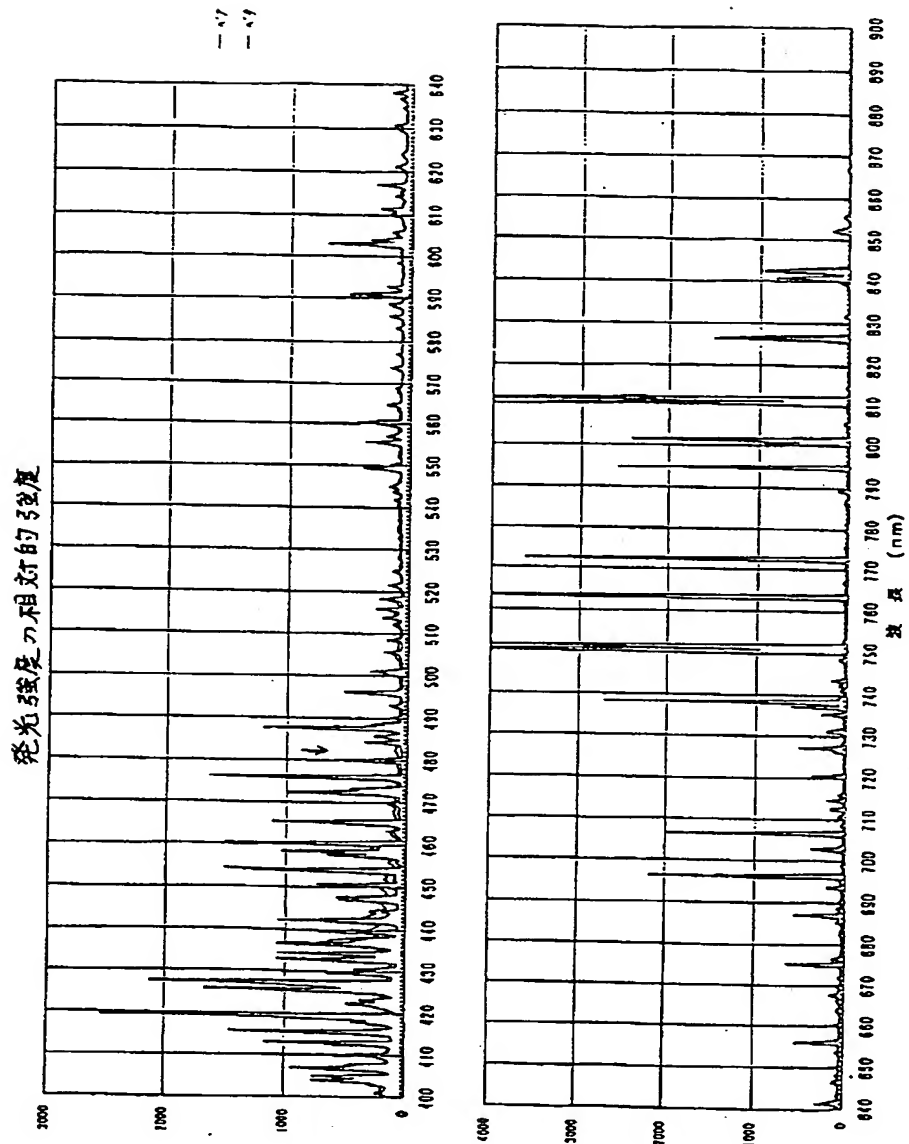
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

